

## ارزیابی کارایی نسبی بنادر کانتینری عمده‌ی منطقه‌ی خاورمیانه با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها

آزیتا حاجی‌زاده<sup>۱\*</sup>، سید ناصر سعیدی<sup>۱</sup>، عامر کعبی<sup>۲</sup>، همایون یوسفی<sup>۱</sup>، مصطفی زارع دوست<sup>۲</sup>

۱. دانشکده اقتصاد و مدیریت دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر

۲. دانشکده مهندسی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۲/۱۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۸/۱۱

شناسه دیجیتال (DOI): [10.22113/jmst.2017.47151](https://doi.org/10.22113/jmst.2017.47151)

### چکیده

هدف مطالعه‌ی حاضر ارزیابی کارایی نسبی بنادر کانتینری عمده‌ی خاورمیانه و شناسایی بنادر کارا برای سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۳ است. روش تحقیق حاضر از نوع تحلیلی-کاربردی بوده، برای جمع‌آوری داده‌های تحقیق از سایت اینترنتی سازمان بنادر و دریانوردی، مجله بین‌المللی مدیریت کانتینر و سایت رسمی هر بندر استفاده شده است. در این تحقیق ابتدا با استفاده از مدل CCR خروجی محور، کارایی نسبی بنادر کانتینری عمده منطقه‌ی خاورمیانه، در بازه زمانی ۲۰۱۱-۲۰۱۳ ارزیابی گردید؛ سپس بر اساس نتایج حاصل، بنادر کارا با استفاده از روش اندرسون-پیترسون رتبه‌بندی شدند. بر اساس نتایج مدل CCR خروجی محور، بندر خورفکان بالاترین ضریب کارایی را به خود اختصاص داد و بندر امام خمینی (ره)، در طول سه سال از این حیث ضعیف‌ترین بندر بود. میانگین کارایی تکنیکی سراسری بنادر مورد کاوی نیز در بازه‌ی زمانی مدنظر، ۵۴.۳ درصد محاسبه شده است. در نهایت، مختصات ورودی و خروجی بنادر مرکب مجازی در سال ۲۰۱۳ به عنوان الگوهایی برای بنادر ناکارا جهت رسیدن به مرز کارایی معرفی و پیشنهاد شدند.

**واژه‌های کلیدی:** حمل‌ونقل دریایی، بنادر کانتینری، خاورمیانه، کارایی، تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها

\*نویسنده مسوول، پست الکترونیک: [hajizadeh.azita@yahoo.com](mailto:hajizadeh.azita@yahoo.com)

## ۱. مقدمه

بنادر از جمله عوامل تسریع در فرایند توسعه‌ی اقتصاد ملی و منطقه‌ای و یکی از حلقه‌های اصلی حمل‌ونقل دریایی و مبادی ورود و خروج کالا به شمار می‌روند که در سراسر دنیا، حکم دارایی‌های راهبردی ملی را دارند. بنادر کارا و فعال، علاوه بر تنوع در صادرات و خروج از اقتصاد تک‌محصولی، نقش ارزشمندی در کاهش بهای تمام‌شده کالاها دارند و با توجه به گستردگی سواحل دریایی کشور، این زیرساخت‌ها می‌توانند جریان سرمایه‌گذاری را به درون فضای ملی هدایت کنند (سعیدی و مرادپور، ۱۳۹۲). بنادر و ترمینال‌های کانتینری، جزئی اساسی و حیاتی از اقتصاد مدرن امروزی را تشکیل می‌دهند. حمل‌ونقل کانتینری از اواسط قرن بیستم، به‌وضوح هزینه حمل‌ونقل را در تجارت جهانی کاهش داده‌است. بر اساس نمودارهای ارائه‌شده توسط UNCTAD<sup>۱</sup>، تجارت از طریق حمل‌ونقل کانتینری در سال‌های بین ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۵ از میانگین رشد سالانه ۵.۳۲ درصدی برخوردار خواهد بود (legato et al, 2009). امروزه اکثر محموله‌های بین‌المللی در بنادر دریایی، در کانتینرها قرار گرفته و جابجا می‌شوند. اخیراً رقابت شدید بین بنادر مختلف به‌ویژه در اروپا و آسیا، باعث شده‌است تا بنادر مختلف به سمت فراهم آوردن امکانات و تسهیلات بیشتر حرکت کنند و بهبود کیفیت خدمات، کاهش هزینه خدمات و افزایش عملکرد ترمینال را مورد توجه قرار دهند. سیستم حمل‌ونقل کانتینری نیازمند سرمایه‌زیادی است و کنترل زمان گردش کشتی‌ها در ترمینال کانتینری برای کاهش هزینه کلی شرکت‌های کشتیرانی بسیار مهم تلقی می‌رود (Hung et al, 2010). صنعت بندر، خصوصاً بنادر کانتینری روزبه‌روز در حال رقابتی‌تر شدن است (Heng 2005) و این امر اهمیت مسئله‌ی کارایی بنادر و پایانه‌های کانتینری و استفاده‌ی بهینه از منابع محدود را دوچندان می‌کند (Notteboom et

al, 2000). برای همین منظور، امروزه بنادر برای اینکه بتوانند در محیط رقابتی موفق باشند، باید مسئله کارایی در عملکردشان را مورد توجه قرار دهند (Cullinane et al., 2006). کارایی بنادر عامل مهمی برای کشورها جهت رسیدن به مزیت رقابتی بین‌المللی است. بنداری موفق خواهند بود که از منابع محدود خود حداکثر بهره را ببرند؛ برای این منظور محاسبه کارایی بنادر می‌تواند به آن‌ها در جهت بهبود کارایی‌شان کمک کند.

کارایی یک مفهوم مدیریتی است که سابقه‌ای طولانی در علم مدیریت دارد (ویتزل، ۲۰۰۲). کارایی نشان می‌دهد که یک سازمان به نحو خوبی از منابع خود در راستای تولید نسبت به بهترین عملکرد در مقطعی از زمان استفاده کرده‌است (پیرس، ۱۹۹۷). تکنیک‌های مختلفی برای محاسبه کارایی وجود دارد (از قبیل SFA, TFP, multiple linear regression, FDH) که یکی از پرکاربردترین و بهترین آن‌ها تحلیل پوششی داده‌ها<sup>۲</sup> است. تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها، تکنیکی است که به کمک آن می‌توان واحدهایی که کارهای مشابه انجام می‌دهند و منابع (ورودی) و مصارف (خروجی) مشابهی دارند را از لحاظ کارایی مقایسه کرده و ضریب کارایی هر واحد را به‌صورت کمی به دست آورد. این تکنیک در حوزه حمل‌ونقل دریایی و کشتیرانی کاربرد ویژه‌ای دارد، به‌طوری‌که، تحقیقات بسیاری در دنیا در رابطه با محاسبه و مقایسه کارایی بنادر به کمک این تکنیک صورت گرفته‌است.

Martinez و همکاران (1999)، کارایی ۲۶ بندر اسپانیا را با استفاده از مدل DEA-BCC مورد ارزیابی قرار داده و بنادر این کشور را در قالب بنادر کارا و ناکارا دسته‌بندی کردند. آن‌ها برای این منظور داده‌های مربوط به سال‌های ۱۹۹۳ تا ۱۹۹۷ را در نظر گرفتند (Kaisar et al., 2006؛ Valentine and Martinez et al., 1999؛ Gray, 2001).

<sup>۲</sup> DEA<sup>۱</sup> United nation conference of trade & development

So. (Lin and Tsen, 2007) استفاده کردند DEA-Ap و همکاران (2007)، در مقاله‌ای تحت عنوان ارزیابی و رتبه‌بندی بنادر کانتینری عمده در آسیای شمالی با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌ها، به ارزیابی کارایی ۱۹ بندر کانتینری این منطقه با استفاده از دو روش CCR و BCC خروجی محور پرداخته‌اند (So *et al.*, 2007).

Al-Eraqi و همکاران (2008)، در تحقیقی با عنوان ارزیابی کارایی بنادر به ارزیابی کارایی ۲۲ بندر واقع در خاورمیانه و آفریقای شرقی پرداخته‌اند (Al-Eraqi *et al.*, 2010) و همکاران (2010)، در تحقیقی با عنوان ارزیابی مقایسه‌ای کارایی عملیاتی بنادر کانتینری آسیا، کارایی عملیاتی بنادر کانتینری آسیا را مورد مطالعه قرار داده‌اند. متدولوژی این پژوهش، روش تحلیل پوششی داده‌ها می‌باشد. در این مطالعه، حدود ۷۱ درصد از بنادر مورد مطالعه، در بازه نسبت به مقیاس افزایشی فعالیت کرده‌اند که این نشان می‌دهد بنادر آسیایی می‌توانند به توسعه‌های آتی توجه داشته باشند (Hung *et al.*, 2010).

آغاز مقدم و همکاران (۱۳۹۲)، کارایی نسبی بنادر عمده ایران را برای سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۰ با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها ارزیابی کرده و بنادر کارا برای هر سه سال شناسایی گردید. در این تحقیق، بازه نسبت به مقیاس ثابت فرض شده و از مدل CCR خروجی محور جهت ارزیابی بنادر استفاده شده است (kiyani *et al.*, 2011).

Munisamy & Jun (2013)، در مقاله‌ی خود با عنوان کارایی بنادر کانتینری آمریکای لاتین، با استفاده از تکنیک DEA، به ارزیابی کارایی ۳۰ بندر کانتینری واقع در ۲۰ کشور در این منطقه در بازه‌ی زمانی ۲۰۰۸-۲۰۰۰ پرداختند (Munisamy & Jun, 2013).

## ۲. مواد و روش‌ها

این مطالعه، از نظر هدف کاربردی، از لحاظ ماهیت توصیفی-تحلیلی، از نظر فرآیند و روش جمع‌آوری و

Itoh (2002)، نیز در مطالعه‌ای با عنوان تغییرات کارایی در بنادر کانتینری عمده در ژاپن با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها، با استفاده از مدل‌های CCR و BCC تکنیک DEA کارایی نسبی هشت بندر بین‌المللی ژاپن را در سال‌های بین ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۸ مورد ارزیابی قرار داد. در این مطالعه، بندر توکیو<sup>۱</sup> به عنوان کاراترین بندر رتبه‌بندی گردید (Itoh, 2002).

Cullinane و همکاران (2004)، در تحقیقی با عنوان مقایسه دو روش تحلیل پوششی داده‌ها و تحلیل مرزی تصادفی در محاسبه کارایی فنی بنادر کانتینری به محاسبه کارایی فنی بنادر کانتینری پرداخته‌اند. مطالعه بر روی ۳۰ بندر نخست بنادر کانتینری دنیا که در سال ۲۰۰۱ رتبه‌بندی شده‌اند، صورت گرفته است و در نهایت از این تعداد، ۵ بندر کارا شناخته شده است (Cullinane *et al.*, 2004). Lee و همکاران (2005)، در تحقیقی با عنوان ارزیابی کارایی بنادر آسیا، به رتبه‌بندی ۱۶ بندر بین‌المللی پرداختند. ابتدا کارایی ده بندر کارا محاسبه و رتبه‌بندی شدند. آن‌ها بنادر ناکارا را نیز مورد ارزیابی قرار داده، سپس رتبه تمامی بنادر را مشخص کردند (Lee *et al.*, 2005). Kaisar و همکاران (2006)، قصد داشتند در تحقیقی کارایی ۲۵ بندر کانتینری مهم آمریکا را در طول دوره شش ساله ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۳ با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها مورد ارزیابی قرار دهند اما به دلیل در دسترس نبودن اطلاعات مربوط به جرثقیل‌ها در پنج مورد از بنادر در طول این دوره، تنها ۲۰ بندر کانتینری مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. به عنوان نتایج تحقیق، ۷ بندر بالتیمور، نیویورک، ویلمینگتون، اوکلند، چارلستون، لس آنجلس (در بعضی از سال‌ها) و Long Beach در طول این دوره به عنوان بندر کارا شناخته شدند (Kaisar *et al.*, 2006). Lin and (2007)، در تحقیقی برای رتبه‌بندی و مقایسه مهم‌ترین بنادر کانتینری آسیا-اقیانوسیه از مدل

<sup>۱</sup> Tokyo

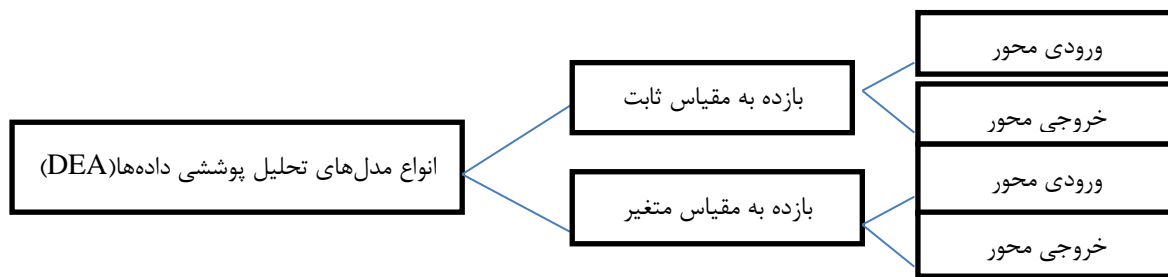
تحلیل داده‌ها کمی و از نظر منطق، استقرایی است. داده‌های مورد استفاده در این مطالعه، ورودی و خروجی‌های عملیات کانتینری در پایانه‌های کانتینری هستند که داده‌هایی کمی می‌باشند. این داده‌ها برای هر پایانه کانتینری در بازه‌ی زمانی ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۳ هستند. تکنیک مورد استفاده نیز تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها است که زیرمجموعه‌ای از تکنیک‌های پژوهش‌های عملیاتی است. در این پژوهش، به منظور محاسبه و مقایسه‌ی ضریب کارایی پایانه‌های کانتینری از مدل CCR خروجی محور و برای رتبه‌بندی بنادر کارا از روش<sup>۱</sup> AP استفاده می‌شود. بنادر مورد کاوی شده‌ی این مطالعه، شامل بنادر کانتینری منطقه‌ی خاورمیانه است اما از آنجاکه داده‌های مربوط به بعضی از بنادر کانتینری کوچک در دسترس نیست. در این مطالعه، بنادر کانتینری جبل علی، خورفکان از کشور امارات متحده‌ی عربی، صلاله و صحار از کشور عمان، دمام و جدّه از کشور عربستان سعودی، پورت سعید و اسکندریه از کشور مصر و نیز بنادر خرمشهر، امام خمینی(ره)، بوشهر و بندر شهید رجایی از کشور جمهوری اسلامی ایران به عنوان بنادر مورد کاوی شده در نظر گرفته شدند. داده‌های کمی مربوط به ورودی‌ها و خروجی‌های بنادر کانتینری کشور، از سالنامه‌ی آمار عملیات سازمان بنادر و دریانوردی جمهوری اسلامی ایران و آمار مربوط به بنادر خارجی از سایت رسمی مربوط به هر بندر و نیز مجله‌های بین‌المللی مدیریت کانتینر جمع‌آوری شده است.

واژه DEA مخفف Data Envelopment analysis به معنی تحلیل پوششی داده‌های یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی، برای ارزیابی کارایی نسبی واحدهای تصمیم‌گیرنده‌ای (DMU<sup>۲</sup>) است که چندین ورودی و چندین خروجی دارند. منظور از DMU عبارت است از یک واحد سازمانی یا یک سازمان مجزا که توسط فردی به نام مدیر یا رئیس یا مسئول اداره می‌رود

به شرط آنکه این سازمان یا واحد سازمانی دارای فرایند سیستمی باشد؛ یعنی تعدادی عوامل تولید به کار گرفته شود تا تعدادی محصول به دست آید. اساس این روش بر مبنای ورودی‌ها و خروجی‌ها شکل گرفته است. به طور کلی هرچه مقدار ورودی‌ها کاهش یابد و یا مقدار خروجی‌ها افزایش یابد، کارایی واحد مورد بررسی نیز بیشتر می‌رود. انواع مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها در حال افزایش است و جنبه تخصصی‌تری پیدا می‌کند. اما اساس تمامی مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها مدل‌های با بازدهی نسبت به مقیاس ثابت و با بازدهی نسبت به مقیاس متغیر هستند (azar & gholamrezaie., 2003). مدل تحلیل پوششی داده‌ها را از لحاظ ورودی محور یا خروجی محور بودن نیز می‌توان تقسیم‌بندی کرد؛ بنابراین، چهار دسته کلی مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها را به صورت شکل ۱ می‌توان نشان داد. به دلیل استفاده از مدل CCR خروجی محور، به تشریح این مدل بسنده می‌شود.

نام این مدل، از حروف اول سه محقق به وجود آورنده آن یعنی چارنز، کوپر و رودز اقتباس شده است (Charnes et al., 1978). این مدل دارای بازدهی نسبت به مقیاس ثابت است. مدل‌های خروجی محور به دنبال افزایش یا حداکثر کردن خروجی ما به شرط عدم افزایش (بدون تغییر یا کاهش) در میزان ورودی‌ها هستند. در واقع هدف این مدل حداکثر کردن میزان خروجی است، بدون این‌که در میزان ورودی‌ها یا منابع افزایشی حاصل شود. این مدل از دو راه قابل اجرا است. مدل اولیه که معمولاً به صورت مینیمم سازی است و به مدل مضربی معروف است و مدل دومی که معمولاً به صورت ماکزیمم سازی است و معروف به مدل پوششی است.

<sup>۱</sup> Anderson & Peterson<sup>۲</sup> Decision making unit



شکل ۱. انواع مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها

شود. هرچه ضریب کارایی واحدی بزرگ‌تر باشد، آن واحد کارا تر است. از دلایل به‌کارگیری این روش نسبت به سایر روش‌ها این است که فرآیند محاسباتی آن کم است؛ همچنین در این روش تکنولوژی تولید رتبه‌بندی نسبت به کارایی تغییر نمی‌کند؛ یعنی در واقع، با همان نسبت که امتیاز کارایی به‌دست آمده، با همان الگو رتبه‌بندی محاسبه می‌رود. مدل A&P در ماهیت ورودی برای واحد تصمیم‌گیری با داده‌های نزدیک به صفر ارزیابی دقیقی نمی‌دهد، بنابراین، به‌کارگیری این مدل با ماهیت خروجی این مشکل را برطرف می‌کند. این مدل که به AP مشهور است (Anderson and Peterson, 1993):

$$\begin{aligned}
 & \text{Max } y_j = \theta \\
 & \text{s.t. } \sum_{k=1}^n \lambda_k x_{ik} + s_i^- = x_{ij} \\
 & i=1,2,\dots,m \\
 & k \neq j \\
 & \theta y_{rj} \sum_{k=1}^n \lambda_k y_{rk} + s_r^+ = 0 \\
 & r=1,2,\dots,s \\
 & k \neq j \\
 & \sum_{k=1}^n \lambda_k = 1 \\
 & k \neq j \\
 & \lambda_k, s_i^-, s_r^+ \geq 0; \theta \text{ آزاد در علامت} \\
 & k=1,2,\dots,n, k \neq j
 \end{aligned}$$

رابطه ۲. مدل اندرسون-پترسون با بازده نسبت به مقیاس خروجی محور

کارایی به‌دست آمده از این روش برای واحدهای ناکارا همان است که در اندازه‌گیری با مدل‌های قبلی به دست می‌آید چون با برداشتن آن‌ها از فضای امکان

فرض کنیم  $n$  واحد تصمیم‌گیرنده وجود دارد؛ هر یک از این واحدها از  $m$  ورودی برای تولید  $s$  خروجی استفاده می‌کنند.  $X_{ik}$  مقدار ورودی  $i$  ( $i=1,2,\dots,m$ ) است که به وسیله  $DMU_k$  ( $k=1,2,\dots,n$ ) مورد استفاده قرار می‌گیرد و  $y_{rk}$  مقدار خروجی  $r$  تولید شده توسط  $DMU_k$  ( $k=1,2,\dots,n$ ) می‌باشد. متغیرهای  $U_r$  و  $V_i$  به ترتیب وزن‌های شاخص‌های خروجی و شاخص‌های ورودی هستند. کارایی فنی  $DMU_j$  طبق مدل مضربی به صورت زیر محاسبه می‌رود (cooper et al., 2000):

$$\begin{aligned}
 & \min E_j = \sum_{i=1}^m V_i X_{ij} \\
 & \text{s.t. } \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} = 1 \\
 & \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} - \sum_{i=1}^m V_i X_{ik} < 0 \\
 & W \text{ free}, U_r \geq 0, V_i \geq 0
 \end{aligned}$$

رابطه ۱. مدل بازده به مقیاس ثابت خروجی محور

در این مدل، هدف کسب بیشترین مقدار خروجی است و  $\theta = 1$  می‌باشد. مقدار  $\theta$  در مدل ورودی محور، میزان انقباض ورودی‌ها و در مدل خروجی محور، میزان انبساط خروجی‌ها را نشان می‌دهد. مقدار کارایی در مدل ورودی محور برابر با  $\theta$  و در مدل خروجی محور برابر با  $\frac{1}{\theta}$  می‌باشد.

در این روش در مدل برنامه‌ریزی خطی مربوط به DMU کارایی ۱، محدودیت کوچک‌تر یا مساوی صفر مربوط به آن DMU (محدودیت  $z$  ام)، حذف می‌رود. این محدودیت سبب می‌رود که حداکثر مقدار تابع هدف، یک باشد. با حذف این محدودیت، ضریب کارایی واحد تحت بررسی ممکن است بزرگ‌تر از یک

تقریبی نیروی کار بهره می‌گیرد. در این پژوهش در مجموع چهار متغیر ورودی و یک متغیر خروجی در نظر گرفته شده است. فهرست ورودی‌ها و خروجی‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. متغیرهای ورودی و خروجی		
ردیف	متغیرهای ورودی	متغیرهای خروجی
۱	تعداد اسکله‌های کانتینری	بازده عملیاتی کانتینری
۲	کل طول اسکله‌ها	
۳	مساحت کلی ترمینال	
۴	تعداد گنتری کرین‌ها و جرثقیل‌های محوطه و اسکله	

داده‌های مربوط به ورودی‌ها و خروجی‌های بنادر در سال‌های ۲۰۱۱-۲۰۱۳ در جدول ۳ تحقیق آورده شده است. به کمک این داده‌ها می‌توان مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های مربوط به هر بندر را تشکیل داده و کارایی نسبی آن‌ها را به دست آورد. به‌منظور محاسبه‌ی ضریب کارایی هر یک از بنادر در سه سال باید، ۳۶ مدل CCR خروجی محور از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها به‌طور جداگانه ساخته شود و با توجه به اینکه بنادر کارا نیز باید با روش AP با هم مقایسه گردند، تعداد مدل‌ها به بیش از ۳۶ مدل می‌رسد. پس از تشکیل مدل‌های موردنظر با کمک داده‌های بنادر، این مدل‌ها به کمک نرم‌افزار DEA Solver Pro مورد محاسبه قرار گرفتند و کارایی هر یک از بنادر و رتبه آن‌ها بر مبنای روش CCR خروجی محور به دست آمد. در مرحله بعد، برای بنادری که ضریب کارایی ۱ را به خود اختصاص داده‌اند مدل AP در نرم افزار لینگو پیاده‌سازی گردید. نتایج حل مسئله در سال ۲۰۱۱ در جداول ۲ ارائه شده است:

علاوه بر این که مدل تحلیل پوششی داده‌ها، توانایی محاسبه کارایی نسبی واحدها و درنهایت رتبه‌بندی آن‌ها را دارد، این مدل می‌تواند واحدهایی را به‌عنوان واحدهای مرجع برای هر یک از واحدهای ناکارا معرفی کند. در واقع واحدهای مرجع الگوهایی برای واحدهای ناکارا جهت کارا شدن هستند و واحدهای ناکارا

تولید، مرز جابه‌جا نشده و تابع تولید تغییر نمی‌کند. اما برای واحدهای کارای روی مرز، اگر واحد روی مرز را از فضا برداشته و فضای امکان تولید را بر اساس سایر واحدها بسازیم، مرز تولید جابه‌جا شده و مقدار کارایی واحد مزبور بر اساس میزان فاصله‌ای است که آن واحد تا مرز جدید دارد. لذا واحدهای روی مرز می‌توانند تفکیک شوند. در این مطالعه، برای حل مدل تحلیل پوششی داده‌ها، از نرم افزار DEA solver professional و برای حل مدل اندرسون-پترسون از نرم افزار LINGO استفاده شده است.

### ۳. نتایج

انتخاب بهترین مجموعه از ورودی‌ها و خروجی‌ها یکی از مهم‌ترین مراحل محاسبه کارایی به روش تحلیل پوششی داده‌ها است. بازده عملیاتی کانتینری در واحد تی ای یو، رایج‌ترین و مناسب‌ترین شاخص در تعیین کارایی تولیدی بنادر کانتینری می‌باشد و به‌طور گسترده‌ای در مطالعات پیشین، به‌عنوان یک خروجی منحصر به فرد از عملیات بندر مورد استفاده قرار گرفته است (Munisamy & Jun, 2013). در این مطالعه، بازده عملیاتی کانتینری بنادر مورد کاوی به‌عنوان خروجی تک در نظر گرفته شده است.

در تئوری تولید، ورودی‌های اساسی شامل نیروی کار، زمین و تجهیزات می‌باشد. تقریباً تمامی مطالعات پیشین در این زمینه، کل طول اسکله‌ها و مساحت کلی ترمینال را به‌عنوان متغیرهای ورودی در بخش زمین در نظر گرفته‌اند. به خاطر دشواری گردآوری اطلاعات مربوط به نیروی کار، متغیرهای تقریبی<sup>۱</sup> نیروی کار، بر اساس نظریه‌ی Notteboom et al (2000) مشتق شده است. این نظریه بر رابطه‌ی تنگاتنگ بین تعداد گنتری کرین‌ها و تعداد نیروی کار اسکله در ترمینال‌های کانتینری دلالت دارد (Munisamy & Jun, 2013). بنابراین، این مطالعه از تجهیزات محوطه و اسکله به‌عنوان متغیرهای

<sup>۱</sup> Proxy variables

می‌توانند برای کارا شدن، واحدهای مرجع را به‌عنوان الگو انتخاب کرده و سعی نمایند تا ورودی‌ها یا خروجی‌های خود را به آن‌ها نزدیک کنند.

در جدول ۴ قیمت‌های سایه‌ای مربوط به بنادر مرجع هر بندر ناکارا به تفکیک سال در مدل CCR خروجی‌محور آورده شده‌است. به کمک این قیمت‌های سایه می‌تواند بنادر مرکب مجازی هر یک از بنادر ناکارا را محاسبه کرد. بنادر مرکب مجازی شرایط (مختصات ورودی‌ها و خروجی‌های) بنادر ناکارا را

جهت کارا شدن نشان می‌دهد. یعنی نشان می‌دهد که یک بندر ناکارا برای کارا شدن باید وضعیت ورودی‌ها و خروجی‌هایش را به چه مقدار برساند، تا به مرز کارایی برسد. برای به دست آوردن بنادر مجازی بنادر ناکارا باید قیمت‌های سایه بنادر مرجع آن را در مختصات ورودی‌ها و خروجی‌های بندر مرجع متناظرش ضرب کرده و سپس ورودی‌ها و خروجی‌های وزین حاصله را باهم جمع کرد.

جدول ۲. ضریب کارایی و رتبه‌ی بنادر در مدل CCR و AP خروجی محور

سال ۲۰۱۳				سال ۲۰۱۲				سال ۲۰۱۱				بندر
رتبه در روش AP	کارایی در روش AP	رتبه در روش CCR	خروجی محور CCR	رتبه در روش AP	کارایی در روش AP	رتبه در روش CCR	خروجی محور CCR	رتبه در روش AP	کارایی در روش AP	رتبه در روش CCR	خروجی محور CCR	
۱۱		۱۱	۰/۱۴۳	۱۲		۱۲	۰/۰۸۱	۱۱		۱۱	۰/۰۹۱	امام خمینی (ره)
۶		۶	۰/۵۷۵	۸		۸	۰/۳	۸		۸	۰/۴۲۹	بوشهر
۱۲		۱۲	۰/۱۳۳	۱۱		۱۱	۰/۱۰۳	۱۰		۱۰	۰/۲۵۲	خرمشهر
۹		۹	۰/۵۱۳	۶		۶	۰/۳۹۴	۶		۶	۰/۶۴۱	شهید رجایی
۳		۳	۰/۹۳۶	۴		۴	۰/۷۲۱	۴		۴	۰/۸۷۴	جبل علی
۱	۱/۶۲۹	۱	۱	۱	۲/۸۲۹	۱	۱	۱	۱/۶۶۷	۱	۱	خورفکان
۴		۴	۰/۷۵۳	۳		۳	۰/۷۲۸	۳		۳	۰/۸۹۳	صلاله
۱۰		۱۰	۰/۲۱۲	۱۰		۱۰	۰/۱۲۴	۱۲		۱۲	۰/۰۸۳	صحار
۷		۷	۰/۵۱۹	۹		۹	۰/۲۸۹	۷		۷	۰/۴۴۳	دمام
۸		۸	۰/۵۱۶	۷		۷	۰/۳۷	۹		۹	۰/۳۹۴	جده
۵		۵	۰/۶۴۴	۵		۵	۰/۶	۵		۵	۰/۸۵۱	پورت سعید
۲	۱/۰۲۸	۱	۱	۲		۲	۰/۹۷۳	۲	۱/۱۹۵	۱	۱	اسکندریه

هر سه سال بندر خورفکان از کشور امارات متحده عربی کاراترین بنادر بوده‌است. به لحاظ میانگین کارایی تکنیکی سراسری نیز، بندر خورفکان کاراترین بنادر و بندر امام خمینی (ره)، نیز ناکاراترین بنادر بوده‌است. میانگین کارایی بنادر موردکاوی در بازه‌ی زمانی مورد نظر ۰/۳۵۴ درصد محاسبه شده‌است.

#### ۴. بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصله از مدل CCR-O، بندر خورفکان در هر سه سال و بندر اسکندریه در سال-های ۲۰۱۱ و ۲۰۱۳ کارا عمل کرده‌اند. در سال ۲۰۱۱ بندر صحار، در سال ۲۰۱۲ بندر امام خمینی (ره) و در سال ۲۰۱۳ بندر خرمشهر ناکاراترین بنادر بوده‌اند. نتایج حاصل از مدل AP نشان می‌دهد که در

جدول ۳. آمار داده‌های مربوط به ورودی‌ها و خروجی‌های بنادر به تفکیک سال

بندر	ورودی‌ها				خروجی بازده کانتینری
	تعداد اسکله‌ها	طول اسکله‌ها	مساحت ترمینال	تعداد جرثقیل‌های اسکله و یارد	
امام خمینی (ره)	۲۰۱۱	۵	۱۰۵۰	۴۰	۱۲
	۲۰۱۲	۵	۱۰۵۰	۴۰	۱۲
	۲۰۱۳	۵	۱۰۵۰	۴۰	۱۲
بوشهر	۲۰۱۱	۲	۳۸۸	۱۳	۴
	۲۰۱۲	۲	۳۸۸	۱۳	۴
	۲۰۱۳	۲	۳۸۸	۱۳	۴
خرمشهر	۲۰۱۱	۶	۸۶۰	۲۳	۳
	۲۰۱۲	۶	۸۶۰	۲۳	۵
	۲۰۱۳	۶	۸۶۰	۲۳	۵
شهید رجایی	۲۰۱۱	۷	۱۶۹۷	۱۰۳	۳۲
	۲۰۱۲	۸	۱۸۰۷	۱۰۳	۶۱
	۲۰۱۳	۸	۱۸۰۷	۱۰۳	۶۱
جبل علی	۲۰۱۱	۲۳	۷۸۷۵	۵۰۸	۲۶۱
	۲۰۱۲	۲۳	۷۸۷۵	۵۰۸	۲۶۱
	۲۰۱۳	۲۳	۷۸۷۵	۵۰۸	۲۶۱
خورفکان	۲۰۱۱	۵	۱۲۰۰	۷۰	۲۴
	۲۰۱۲	۵	۱۲۰۰	۷۰	۲۴
	۲۰۱۳	۶	۲۰۰۰	۷۰	۴۶
صلاله	۲۰۱۱	۷	۲۵۰۵	۷۶	۸۴
	۲۰۱۲	۷	۲۵۰۵	۸۷	۹۷
	۲۰۱۳	۷	۲۵۰۵	۸۷	۹۷
صحار	۲۰۱۱	۲	۵۲۰	۲۸	۱۲
	۲۰۱۲	۲	۵۲۰	۲۸	۱۲
	۲۰۱۳	۲	۵۲۰	۲۸	۱۲
دمام	۲۰۱۱	۶	۱۴۴۰	۷۲	۵۲
	۲۰۱۲	۷	۱۶۸۰	۱۱۶	۷۰
	۲۰۱۳	۷	۱۶۸۰	۱۱۶	۷۰
جده	۲۰۱۱	۱۷	۴۱۶۶	۲۱۹	۱۲۸
	۲۰۱۲	۱۹	۴۶۴۵	۲۲۴	۱۳۲
	۲۰۱۳	۱۹	۴۶۴۵	۲۲۴	۱۳۲
پورت سعید	۲۰۱۱	۱۳	۲۱۵۰	۱۰۶	۹۰
	۲۰۱۲	۱۳	۲۱۵۰	۱۰۶	۹۰
	۲۰۱۳	۱۶	۳۳۵۰	۱۴۶	۱۰۴
اسکندریه	۲۰۱۱	۷	۱۱۱۲	۲۷	۲۳
	۲۰۱۲	۷	۱۳۱۷	۲۷	۲۳
	۲۰۱۳	۷	۱۳۱۷	۲۷	۲۳



جدول ۴. بنادر مرجع و قیمت‌های سایه‌ای بنادر مرجع بنادر

بنادر	بنادر مرجع و قیمت‌های سایه‌ای			ناکارا	
	۲۰۱۱	۲۰۱۲	۲۰۱۳		
امام خمینی(ره)	خورفکان(۰/۵)	خورفکان(۰/۵)	خورفکان(۰/۲۶)		
بوشهر	خورفکان(۰/۱۶۶)	خورفکان(۰/۱۶۶)	خورفکان(۰/۰۸۷)		
خرمشهر	خورفکان(۰/۱۲۵)	خورفکان(۰/۲۰۸)	خورفکان(۰/۱۰۸)		
شهید رجایی	خورفکان(۱/۳۳۳)	خورفکان(۱/۴۷۱)	خورفکان(۰/۹۰۳)		
جبل علی	خورفکان(۴/۶)	خورفکان(۴/۶)	خورفکان(۳/۸۳۳)		
صلاله	خورفکان(۰/۹۶۶)	خورفکان(۱/۲۴۲)	خورفکان(۱/۱۶۶)		
صحار	خورفکان(۰/۴)	خورفکان(۰/۴)	خورفکان(۰/۲۶)		
دمام	خورفکان(۰/۹۶۳)	خورفکان(۱/۴)	خورفکان(۰/۸۴)		
جده	خورفکان(۳/۰۲۵)	خورفکان(۳/۲)	خورفکان(۲/۳۲۲)		
بندر سعید	خورفکان(۱/۳۱۶)	خورفکان(۱/۵۱۴)	خورفکان(۱/۶۷۵)		
اسکندریه	-	خورفکان(۰/۳۸۵)	-		

با توجه به نزدیکی به زمان حال در سال ۲۰۱۳، بندر امام خمینی(ره)، با الگو قرار دادن بندر خورفکان با قیمت سایه‌ای ۰/۲۶، بندر خرمشهر با الگو قرار دادن بندر خورفکان با قیمت سایه‌ای ۰/۱۰۸، بندر بوشهر با الگو قرار دادن بندر خورفکان با قیمت سایه‌ای ۰/۰۸۷ و بندر شهید رجایی با الگو قرار دادن بندر خورفکان با قیمت سایه‌ای ۰/۹۰۳ کارای تکنیکی سراسری می‌گردند.

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که بیشتر بنادر ایران از کارایی نسبی مناسبی برخوردار نیستند، علت این امر را می‌توان در عدم وجود فضای رقابتی در صنایع بندری ایران دانست. تمام بنادر مورد بررسی این تحقیق در زمره بنادر دولتی هستند که از پشتوانه‌ی حمایت دولت برخوردارند، این امر منجر شده است که تا حد زیادی فضای رقابتی مناسبی بین بنادر به وجود نیاید. در چنین محیطی بنادر تمایل به تلاش در جهت ارتقای کارایی نخواهند داشت.

جدول ۵. مختصات ورودی و خروجی بنادر مرکب مجازی مربوط به بنادر ناکارا سال ۲۰۱۳

بنادر	ورودی‌ها				خروجی	
	تعداد اسکله‌ها	طول اسکله‌ها	مساحت ترمینال	تعداد جرثقیل‌های اسکله و یارد	بازده کانتینری	
واقعی	۵	۱۰۵۰	۴۰	۱۲	۱۴۲	
امام خمینی(ره)	۱/۵۶۵	۵۲۱/۷۳۹	۱۸/۲۶	۱۲	۹۹۱/۳۰۴	
اختلاف	-۳/۴۳۴	-۵۲۸/۲۶	-۲۱/۷۳۹	۰	۸۴۹/۳۰۴	
واقعی	۲	۳۸۸	۱۳	۴	۱۹۰	
بوشهر	۰/۵۲۱	۷۱۳/۹۱۳	۶/۰۸۶	۴	۳۳۰/۴۳۴	
اختلاف	-۱/۴۷۸	-۲۱۴/۰۸۷	-۶/۹۱۳	۰	۱۴۰/۴۳۴	
واقعی	۶	۸۶۰	۲۳	۵	۵۵	
خرمشهر	۰/۶۵۲	۲۱۷/۳۹۱	۷/۶۰۸	۵	۴۱۳/۰۴۳	
اختلاف	-۵/۳۴۷	-۶۲۴/۶۰۸	-۱۵/۳۹۱	۰	۳۵۸/۰۴۳	
واقعی	۸	۱۸۰۷	۱۰۳	۶۱	۱۷۶۳	
شهید رجایی	۵/۴۲۱	۱۸۰۷	۶۳/۲۴۵	۴۱/۵۶۱	۳۴۳۳/۳	
اختلاف	-۲/۵۷۹	۰	-۳۹/۷۵۵	-۱۹/۴۳۹	۱۶۷۰/۳	
واقعی	۲۳	۷۸۷۵	۵۰۸	۲۶۱	۱۳۶۴۱	
جبل علی	۲۳	۷۶۶۶/۶۶	۲۶۸/۳۳	۱۷۶/۳۳	۱۴۵۶۶/۶۷	
اختلاف	۰	-۲۰۸/۳۳	-۲۳۹/۶۶	-۸۴/۶۶	۹۲۵/۶۶	

ادامه جدول ۵. مختصات ورودی و خروجی بنادر مرکب مجازی مربوط به بنادر ناکارا در سال ۲۰۱۳

بندر	ورودی‌ها					خروجی
	تعداد اسکله‌ها	طول اسکله‌ها	مساحت ترمینال	تعداد جرثقیل‌های اسکله و یارد	بازده کانتینری	
صلاله	واقعی	۷	۲۵۰۵	۸۷	۹۷	۳۳۴۰
	مجازی	۷	۲۳۳۳/۳۳	۸۱/۶۶	۵۳/۶۶	۴۴۳۳/۳۳
	اختلاف	۰	-۱۷۱/۶۶	-۵/۳۳	-۴۳/۳۳	۱۰۹۳/۳۳
صحار	واقعی	۲	۵۲۰	۲۸	۱۲	۲۱۰
	مجازی	۱/۵۶	۵۲۰	۱۸/۲	۱۱/۶	۹۸۸
	اختلاف	-۰/۴۴	۰	-۹/۸	-۰/۰۴	۷۷۸
جده	واقعی	۱۹	۴۶۴۵	۲۲۴	۱۳۲	۴۵۶۱
	مجازی	۱۳/۹۳	۴۶۴۵	۱۶۲/۵۷	۱۰۶/۸۳	۸۸۲۵/۵
	اختلاف	-۵/۰۶	۰	-۶۱/۴۲	-۲۵/۱۶	۴۲۶۴/۵
بندر سعید	واقعی	۱۶	۳۳۵۰	۱۴۶	۱۰۴	۴۱۰۰
	مجازی	۱۰/۰۵	۳۳۵۰	۱۱۷/۲۵	۷۷/۰۵	۶۳۶۵
	اختلاف	-۵/۹۵	۰	-۲۸/۷۵	-۲۶/۹۵	۲۲۶۵

## منابع

- Al-Eraqi, A. S., Mustafa, A. and Khader, A. T. 2010. An Extended DEA Windows Analysis: Middle East and East African Seaports, *Journal of Economic Studies*, 37(2):208-218.
- Anderson, P., and Petersen, N.C. 1993. A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis. *Management Science*, 39(10): 1261-1264.
- Azar, A., and Gholamrezaie, D. 2003. A procedure for ranking efficient states using data envelopment analysis, *Iran economic researches*, 8(12): 153-174.
- Cooper, W.W., Saiford, L.M. and Tone, K. 2000. *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References, and DEA-Solver Software*, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Cullinane, K., P. Ji and T. Wang, 2004. An Application of DEA Windows Analysis to Container Port Production. *Review of Network Economics*, 3(2):184-206.
- Cullinane, K.P.B., Ji, P., Wang, T.-F., Song, D.-W., 2006. The technical efficiency of container ports: Comparing data envelopment analysis and stochastic frontier analysis. *Transportation Research Part A*, 40(12): 354-374.
- Dehghan, A., Esmaili, A., Dehmarde, N. 2010. Benchmarking The Operating Efficiency of milk industry in kerman. *journal of planning and budgeting*, 4(17):145-159.
- Hung, S. W., Lu, W. M. and Wang, T. P. 2010. Benchmarking The Operating Efficiency of Asia Container Ports. *European Journal of Operational Research*, 203(3):706-713.
- Itoh, H., 2002. Efficiency changes at major container ports in Japan: a window application of data envelopment analysis. *Review of Urban and Regional Development Studies*, 14 (2): 133-152.
- Kaisar, E.I., Pathomsiri, S. and Haghani, A., 2006. Efficiency measurement of US ports using data envelopment analysis. In *National Urban Freight Conference*, February 1-3, Long Beach, 2-16.
- Kiyanimoghadam, M., Konari, M., Bakshizade, A. 2011. Relative Efficiency Analysis of south Iranian Ports using DEA, the *journal of oceanography*, 4(13):73-83.
- Lee, H. S., Chou, M. T. and Kuo, S. G. 2005. Evaluating port efficiency in Asia pacific region with recursive data envelopment analysis, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 6(2): 544 - 559.
- Legato, P., Canonaco, P., M., & Mazza, R., 2009. Yard crane management by simulation and optimization. *Maritime Economics & Logistics*, 11(3): 36-57.

- Lin, L.C.; Tseng, C.C., 2007. Operational performance evaluation of major container ports in the Asia-Pacific region. *Maritime Policy and Management*, 34 (6): 535– 551.
- Martinez-Budria, E., Diaz-Armas, R., Navarro-Ibanez, M. and Ravelo-Mesa, T. 1999. A study of the efficiency of Spanish port authorities using data envelopment analysis, *International Journal of Transport Economics*, 26(4): 237-253.
- Munisamy,S and Jun,O, 2013. Efficiency of Latin American Container Seaports using DEA, *Proceedings of 3rd Asia-Pacific Business Research Conference*, 25 - 26 February 2013, Kuala Lumpur, Malaysia, ISBN: 978-1-922069-19-1.
- Notteboom, T., Coeck, C., van den Broeck, J., 2000. Measuring and explaining the relative efficiency of container terminals by means of Bayesian stochastic frontier models. *International Journal of Maritime Economics*, 2 (2): 83–106.
- So,S.H.;Kim,J.J;Cho,JandKim,D.K.,2007. Efficiency Analysis and Ranking of Major Container Ports in Northeast Asia: An Application of Data Envelopment Analysis, *International Review of Business Research Papers*, 3(2):486-503.
- Valentine, V.F. and Gray, R. 2001. The measurement of port efficiency using data envelopment analysis. *Proceedings of the 9th World Conference on Transport Research*, Seoul, South Korea, 22-27.

## Relative Efficiency Analysis of Container Ports in Middle East using DEA

Azita hajizadeh\*<sup>1</sup>, Seyed Nasser saeidi<sup>1</sup>, amer kaabi, homayoun yousefi<sup>1</sup>, mostafa zaredoost<sup>1</sup>

1. Department of Economic and Marine Insurance, Faculty of Economics and Maritime Management, Khorramshahr University of Marine Science and Technology

2. Department of Basic Sciences, Faculty of Marine Engineering, Khorramshahr University of Marine Science and Technology

### Abstract:

The aim of this study was to evaluate the relative efficiency of major container ports in the Middle East between the years 2011-2013. The required information was collected from scientific resources. The input and output data was collected from the statistical yearbook of the Iranian Ports and Maritime Organization and the official website of each of the foreign ports. Firstly, in this study the relative efficiency of the ports was evaluated via a basic model of the DEA-technique, namely BCC-O. Afterwards, the ports were ranked based on the achieved results. To rank ports with 100% efficiency, the Anderson-Peterson method was used. Based on the results of the output-oriented CCR model that represents the overall technical efficiency, the port of Khorafkan has the highest coefficient of efficiency and Bandar-e-Imam Khomeini was the weakest port in this respect. The average efficiency of the studied ports was 54.3% in the period under study. Finally, virtual ports were proposed as a template for inefficient ports to improve efficiency.

**Keywords:** maritime transportation, container ports, Middle East, efficiency, data envelopment analysis

Table 1. List of Output and Input Variables

Table 2. DEA Efficiency Results of Container Seaports (2011-2013)

Table 3. Descriptive Statistics for Input-Output Variables of Container Seaports (2011-2013)

Table 4. Reference Ports & Shadow Price Of Inefficient Ports

Table 5. The Coordinate Of Reference Ports for Inefficient Ports

---

\*Corresponding author, E-mail: hajizadeh.azita@yahoo.com